Iranian Food Science and Technology
Research Journal
Homepage: https://ifstrj.um.ac.ir

Short Research Article
Vol. 20, No. 2, May-June 2024, p. 229-236

The Effect of Foliar Application of Silicon Fertilizer on Some Qualitative Traits and Mineral Compositions of 'Barhee' Date Fruit under Soil Salinity Conditions

R. Yousefi[1*], M.R. Pourghayoumi[1], S.S. Marashi[1], A. Ghasemi[2]

1- Assistant Professors, Date Palm and Tropical Fruits Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran
(*- Corresponding Author Email: r.yousefi66@areeo.ac.ir)
2- M.Sc Graduated, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Iran

Received: 01.03.2023 Revised: 03.06.2023 Accepted: 04.06.2023 Available Online: 06.06.2023	**How to cite this article:** Yousefi, R., Pourghayoumi, M.R., Marashi, S.S., & Ghasemi, A. (2024). The effect of foliar application of silicon fertilizer on some qualitative traits and mineral compositions of 'Barhee' date fruit under soil salinity conditions. *Iranian Food Science and Technology Research Journal, 20*(2), 229-236. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/ifstrj.2023.81372.1239

Introduction

Date palm (*Phoenix dactylifera*) is one of the most important horticultural products in arid and semi-arid regions of Iran. One of the factors affecting the quality and nutritional elements of date fruit- as an important and strategic fruit in the country, with high nutritional and health value- is the proper use of different nutritional elements during its growth and fruiting period. There are many reports of the negative effects of salinity on dates, both in the vegetative and reproductive growth stages. The osmotic effects limiting the absorption of water and nutrients, the specific effect of chlorine and sodium ions, nutritional imbalance and preventing the physiological processes and metabolism of nutrients and the use of high energy in osmotic regulation are some of the negative effects of salinity stress. Salinity stress negatively affected date fruit quality. Silicon is one of the essential nutrients that plays an important role in the growth and development of plants. Silicon reduces the adverse effects of abiotic stresses such as drought and salinity by affecting on the leaf and stem growth, and other plant mechanisms. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of foliar application of silicon on some qualitative characteristics and nutrient elements content of date fruit grown under high salinity soil.

Materials and Methods

This research was conducted in a randomized complete block design with 7 treatments and 3 replicates in two consecutive years. Silicon foliar spray treatments consisted of: control or no application of foliar spraying (T1), foliar spraying with a concentration of 0.1% in two stages (T2), foliar spraying with a concentration of 0.1% in three stages (T3), foliar spraying with a concentration of 0.2% in two stages (T4), foliar spraying with a concentration of 0.2% in three stages (T5), foliar spraying with a concentration of 0.3% in two stages (T6) and foliar spraying with a concentration of 0.3% in three stages (T7). The treatments were repeated in two consecutive years, and in each fruiting season, fruit quality characteristics including total soluble solids (TSS), acidity (TA), pH and total sugar content were measured. Total sugar was measured according to Iran's national standard method No. 2685 (ISIRI, 2007). The concentrations of potassium, calcium, iron and zinc were also measured at the end of the second year of the experiment. Fruit quality characteristics and concentration of fruit nutrients were measured and statistically analyzed.

Results and Discussion

Foliar application of silicon fertilizer significantly increased the TSS of 'Barhee' date fruits while it decreased the pH of fruit juice. The lowest amount of total soluble solids was observed in T1 treatment at the rate of 63.69%

https://doi.org/10.22067/ifstrj.2023.81372.1239

and the highest amounts of fruit soluble solids were recorded in T5 and T6 treatments with values of 70.07% and 68.59% respectively. Fruit acidity and total sugar were not affected significantly by foliar application of silicon. The application of silicon significantly increased the contents of potassium, calcium, iron and zinc in date fruit, but it had no significant effect on the concentration of phosphorus in the fruit. The highest concentration of fruit potassium was observed in the T6 treatment (spraying with 0.3% silicon solution in two stages) at the amount of 1.54%. The lowest values of potassium concentration were observed in T3, T2 and T1 treatments with values of 0.89%, 1.01% and 1.06% respectively. Overall, Foliar application of silicon fertilizer can improve the quality characteristics and nutrient concentration of date fruit under salinity stress conditions. Among all the treatments, foliar application of silicon fertilizer with a concentration of 0.3% in two stages (three weeks before pollination and at the end of the Hababook stage) improved quality characteristics and the nutrient elements of 'Barhee' date fruit under high salinity soil.

Keywords: Acidity, Iron, Potassium, Total soluble solids, Total sugar

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
https://ifstrj.um.ac.ir

مقاله کوتاه پژوهشی
جلد ۲۰، شماره ۲، خرداد-تیر ۱۴۰۳، ص. ۲۳۶-۲۲۹

اثر محلول‌پاشی کود سیلیسیم بر برخی صفات کیفی و عناصر غذایی میوه خرما رقم برحی در شرایط شوری خاک

رحمان یوسفی[۱*]- محمدرضا پورقیومی[۱]- سید سمیح مرعشی[۱]- علی قاسمی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۴

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی کود سیلیسیم (سیتام پودری، ۷۰ درصد SiO_2) بر برخی صفات کیفی و غلظت عناصر غذایی میوه خرما رقم برحی در شرایط شوری بالای خاک به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای محلول‌پاشی سیلیسیم در هفت سطح شامل عدم محلول‌پاشی (T1)، محلول‌پاشی با غلظت ۱ در هزار دو مرحله (T2)، محلول‌پاشی با غلظت ۱ در هزار سه مرحله (T3)، محلول‌پاشی با غلظت ۲ در هزار دو مرحله (T4)، محلول‌پاشی با غلظت ۲ در هزار سه مرحله (T5)، محلول‌پاشی با غلظت ۳ درهزار دو مرحله (T6) و محلول‌پاشی با غلظت ۳ در هزار سه مرحله (T7) اعمال شدند. نتایج نشان داد که با کاربرد کود سیلیسیم مواد جامد محلول میوه و pH آب میوه به‌ترتیب افزایش و کاهش معنی‌دار داشته است. اسیدیته میوه و قند کل تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند و اختلاف معنی‌دار نداشتند. کاربرد سیلیسیم سبب افزایش معنی‌دار غلظت پتاسیم، کلسیم، آهن و روی در میوه خرما شد، اما بر غلظت فسفر میوه اثر معنی‌دار نداشت. در مجموع، محلول‌پاشی کود سیلیسیم توانست اثرات منفی ناشی از تنش شوری بر ویژگی‌های کیفی و غلظت عناصر غذایی میوه خرما را در شرایط تنش شوری بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: آهن، اسیدیته، پتاسیم، قند کل، مواد جامد محلول

مقدمه

نخل خرما (*Phoenix dactylifera*) یکی از مهم‌ترین محصولات باغی ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک است به گونه‌ای که در سال ۱۴۰۰، خرما با تولید حدود ۱/۵ میلیون تن و سهم ۶/۷ درصدی از کل میزان تولید محصولات باغبانی در کشور، حائز رتبه پنجم گردید (Agricultural Statistics, 2022). در سطح جهانی نیز ایران بعد از کشور مصر و عربستان در رتبه سوم میزان تولید و بعد از عراق و الجزایر در رتبه سوم سطح زیر کشت قرار دارد (FAO, 2021). از میان مجموع ارقام خرما در کشور، میوه خرمای ارقام استعمران، پیارم، برحی، مضافتی، زاهدی، کبکاب، ربی، دیری، شاهانی، گنطار و مجول از اهمیت شاخصی برخوردار هستند (Mostaan *et al*., 2017). سیلیسیم یکی از عناصر غذایی مفید است که نقش‌های مهمی را در رشد و نمو گیاهان بازی می‌کند و اثرات تنش‌هایی مانند خشکی و شوری را با اثر بر رشد برگ، ساقه و دیگر مکانیسم‌های گیاهی کاهش می‌دهد (Epstein & Bloom, 2004). خان و همکاران (Khan *et al*., 2020) نشان دادند که کاربرد سیلیسیم روی دانهال‌های خرما در شرایط تنشی (شوری و کادمیم) باعث بهبود معنی‌دار رشد و فیزیولوژی گیاه شد. جانا و همکاران (Jana *et al*., 2019) گزارش دادند که کاربرد

۱- استادیار پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: r.yousefi66@areeo.ac.ir
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران
https://doi.org/10.22067/ifstrj.2023.81372.1239

سیلیسیم در دانهال‌های خرما رقم خلاص تحت شرایط غیر تنشی منجر به افزایش رشد گیاه شد و تحت شرایط تنش شوری نیز اثرات منفی ناشی از تنش را اندکی کاهش داد و تجمع پتاسیم در گیاهان را بالا برد. طی تحقیقی که توسط فکری و همکاران (Fekry *et al.*, 2020) صورت گرفت نشان داده شد که کاربرد دو عنصر سلنیوم و سیلیسیم در غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام همراه با هیومیک اسید بهترین تیمار در بهبود عملکرد، وزن خوشه و و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی میوه خرما رقم برحی بوده است. همچنین ویژگی‌های رشدی مانند مقدار کلروفیل و وضعیت عنصر غذایی برگ‌ها نیز با کاربرد این مواد نسبت به شاهد افزایش یافت. در آزمایشی که توسط کیان و همکاران (Qian *et al.*, 2006) انجام شد گزارش گردید که کاربرد سیلیسیم سبب افزایش انتقال پتاسیم و کاهش جذب کلروپلاستی سدیم در شرایط تنش شوری شد. لذا از آنجایی‌که تنش شوری اثرات منفی متعددی بر نخل خرما چه در مرحله رشد رویشی و چه در مراحل رشد زایشی دارد (Sperling *et al.*, 2014) و با توجه به نقش مثبتی که عنصر سیلیسیم در کاهش اثرات منفی ناشی از تنش شوری در گیاهان مختلف دارد، هدف این پژوهش بررسی اثر کاربرد سیلیسیم بر برخی ویژگی‌های کیفی و غلظت عناصر غذایی میوه خرما در نخلستانی با درجه شوری بالای خاک می باشد.

مواد و روش‌ها

این پروژه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۷ تیمار و ۳ تکرار طی دو سال زراعی (۱۳۹۹–۱۴۰۱) در محل پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری اهواز به طول جغرافیایی '۳۳ °۴۸ شرقی و عرض جغرافیایی'۱۵ °۳۱ شمالی و با ارتفاع ۱۲ متر از سطح دریا روی ۲۱ اصله نخل خرمای بارور رقم برحی اجرا شد. میانگین شوری خاک تشتک‌های درختان در قطعه نخلستان منتخب جهت اعمال تیمارهای کودی ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر بود. در قطعه مورد نظر تیمارهای مختلف کود سیلیسیم شامل عدم کاربرد کود (T1)، محلول‌پاشی با غلظت ۱ در هزار در دو مرحله (T2)، محلول‌پاشی با غلظت ۱ در هزار در سه مرحله (T3)، محلول‌پاشی با غلظت ۲ در هزار در دو مرحله (T4)، محلول‌پاشی با غلظت ۲ در هزار در سه مرحله (T5)، محلول‌پاشی با غلظت ۳ در هزار در دو مرحله (T6) و محلول‌پاشی با غلظت ۳ در هزار در سه مرحله (T7) اعمال شدند. کود سیلیسیم مورد استفاده در این تحقیق، کود پودری سیتام محصول شرکت آریا شیمی (حاوی ۷۰ درصد سیلیسیم کل به فرم SiO_2) با شماره ثبت کودی ۳۶۴۹۳ بوده است. مراحل رشد و نمو میوه خرما پس از انجام گرده‌افشانی و لقاح تا زمان رسیدگی کامل میوه شامل پنج مرحله حبابوک، کیمری، خلال، رطب و تمر (میوه رسیده خرما) می‌باشد. در این تحقیق مراحل اعمال تیمارها به‌ترتیب شامل سه هفته قبل از شروع گرده افشانی، محلول‌پاشی در اواخر مرحله حبابوک و محلول‌پاشی در اواخر مرحله کیمری بوده است که برای تیمارهای دو مرحله‌ای (T2، T4 و T6)، فقط در دو مرحله اول یعنی سه هفته قبل از شروع گرده‌افشانی و در اواخر مرحله حبابوک و برای تیمارهای سه مرحله‌ای (T3، T5 و T7) در هر سه مرحله فوق محلول پاشی‌ها انجام شد. سایر عملیات باغی اعم از گرده‌افشانی، آبیاری، تغذیه، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و ... برای همه تیمارها به‌طور یکسان انجام شد. اعمال تیمارها طی دو سال متوالی تکرار شد و در هر فصل میوه-دهی ویژگی‌های کیفی میوه شامل مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته (TA)، pH و درصد قند کل اندازه‌گیری شد. غلظت عناصر غذایی میوه شامل میزان فسفر، پتاسیم، کلسیم، آهن و روی نیز در پایان سال دوم آزمایش مورد سنجش قرار گرفت.

سنجش اسیدیته، قند کل، TSS و pH آب میوه

جهت اندازه‌گیری صفات کیفی میوه مقدار ۲۵ گرم گوشت میوه (۲۵ گرم گوشت میوه از مخلوط ۲۵ عدد میوه که به طور تصادفی از خوشه‌های درخت مربوط به هر تیمار انتخاب شدند تهیه گردید) در بشرهای جداگانه قرار داده شد و به هر نمونه ۱۰۰ سی‌سی آب مقطر اضافه گردید. پس از یک ساعت نمونه‌ها با دستگاه آب میوه‌گیری به خوبی مخلوط و برای عصاره‌گیری مخلوط حاصل، از کاغذ صافی واتمن استفاده شد. برای اندازه‌گیری اسیدیته میوه از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال استفاده شد و با ثبت حجم سود مصرفی میزان اسیدکل براساس اسید غالب (اسید مالیک) محاسبه گردید (Cheraghi Dehdezi & Hamdami, 2012). میزان قند کل، TSS و pH عصاره میوه طبق روش استاندارد ملی ایران به شماره ۲۶۸۵ (ISIRI, 2007) تعیین گردید. برای اندازه گیری TSS عصاره میوه از دستگاه رفراکتومتر (ATAGO، RX5000، ژاپن) و برای سنجش میزان pH عصاره میوه نیز از pH متر (DDK.TOA، HM-60G، ژاپن) استفاده گردید.

سنجش عناصر غذایی میوه

برای اندازه‌گیری میزان فسفر میوه (Chapman & Pratt, 1961)، مقدار ۵ سی‌سی از محلول عصاره به‌دست آمده به روش هضم در بالن ژوژه با اسید سولفوریک–اسید سالیسیلیک–آب اکسیژنه (Waling *et al.*, 1989) را به داخل بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتر ریخته و به آن ۵ میلی لیتر محلول آمونیوم مولیبدات– وانادات اضافه و به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس میزان جذب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Varian، Cary100، استرالیا) در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید و براساس آن میزان فسفر میوه محاسبه شد. برای اندازه‌گیری غلظت پتاسیم، کلسیم، آهن و روی میوه (Waling *et al.*, 1989) ابتدا هضم

نمونه‌های میوه به روش سوزاندن خشک و ترکیب با اسید هیدروکلریک صورت گرفت و اندازه‌گیری عناصر ذکر شده با عصاره حاصله به این روش قرائت گردید. میزان پتاسیم میوه در عصاره حاصله به روش نشر شعله‌ای با استفاده از دستگاه فلیم فوتومتر (Tokyo Photoelectric، Ana-135، ژاپن) و میزان کلسیم، آهن و روی نیز در عصاره حاصله با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Varian، Spectra220، استرالیا) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۷ تیمار و ۳ تکرار به‌صورت تجزیه مرکب با نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های کیفی میوه (مواد جامد محلول، pH، اسیدیته و قند کل)

اثر تیمارهای سیلیسیم بر میزان مواد جامد محلول (TSS) و pH آب میوه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد، اما بر میزان اسیدیته و قند کل میوه در هیچ یک از سطوح احتمال آماری ۱ و ۵ درصد معنی‌دار نگردید. مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۱) نشان داد که کمترین میزان مواد جامد محلول میوه در تیمار عدم کاربرد سیلیسیم (T1) به میزان ۶۳/۶۹ درصد و بیشترین مقادیر آن نیز به‌ترتیب در تیمارهای T5 و T6 با مقادیر ۷۰/۰۷ و ۶۸/۵۹ درصد ثبت گردید. همچنین کمترین میزان pH آب میوه در تیمار T5 به مقدار ۶/۴۶ مشاهده شد و بین باقی تیمارها اختلاف معنی‌دار دیده نشد. کاربرد سیلیسیم سبب افزایش میزان کلروفیل برگ خرما و مواد جامد محلول در خرما رقم برحی گردید (Fekry *et al.*, 2020) که نتایج این تحقیق با یافته‌های آن‌ها مطابقت دارد. قاسمی و همکاران (Ghasemi *et al.*, 2019) گزارش نمودند که کاربرد سیلیسیم به‌ویژه در غلظت بالا (۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) باعث کاهش معنی‌دار pH آب میوه توت‌فرنگی شد که نتایج این تحقیق با نتایج آن‌ها مطابقت دارد. سیلیسیم با افزایش میزان کلروفیل و افزایش متابولیسم دی‌اکسید کربن و کارآیی تثبیت آن، توان فتوسنتزی برگ‌ها را توسط گیاهان افزایش می‌دهد و در نهایت منجر به بهبود عملکرد و کیفیت میوه حتی در شرایط تنش می‌شود (Cherif & Belanger, 1992). معتمدزادگان و همکاران (Motamedzadegan *et al.*, 2017) طی تحقیقی در خصوص گریپ‌فروت بیان داشتند که کاهش pH آب میوه با افزایش میزان بریکس مواد جامد محلول، ناشی از تغلیظ اسیدهای آلی آب میوه می‌باشد. احتمالاً با کاربرد سیلیسیم، افزایش مواد جامد محلول میوه ناشی از افزایش ذخیره مواد فتوسنتزی و تغلیظ اسیدهای آلی موجود در میوه خرما سبب کاهش میزان pH آب میوه شده است.

عناصر غذایی میوه (پتاسیم، فسفر، کلسیم، آهن، روی)

اثر تیمارهای سیلیسیم بر غلظت پتاسیم و کلسیم میوه در سطح احتمال ۱٪ و بر غلظت آهن و روی میوه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار گردید، اما بر غلظت فسفر میوه در هیچ یک از سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار نگردید. بیش‌ترین غلظت پتاسیم میوه در تیمار T6 (محلول پاشی ۳ در هزار سیلیسیم در دو مرحله) به مقدار ۱/۵۴ درصد مشاهده شد. اختلاف بین بیش‌ترین مقدار ثبت شده در تیمار T6 با کم‌ترین مقادیر ثبت شده در تیمارهای T3، T2 و T1 به لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۱). یوسفی (Yousefi, 2016) افزایش غلظت پتاسیم در میوه توت‌فرنگی را در نتیجه کاربرد سیلیسیم مشاهده کرد که نتایج این آزمایش با نتایج ایشان مطابقت دارد. لیانگ (Liang, 1999) بیان کرد که احتمالاً افزایش فعالیت پمپ H^{+}-ATPase غشای پلاسمایی در اثر کاربرد سیلیسیم باعث افزایش جذب پتاسیم توسط گیاه می‌شود. فکری و همکاران (Fekry *et al.*, 2020) گزارش کردند که با کاربرد سیلیسیم، میزان پتاسیم برگ در خرمای رقم برحی در شرایط تنش شوری افزایش پیدا کرد. با افزایش جذب پتاسیم توسط گیاه در نتیجه کاربرد سیلیسیم، میزان بیشتری از این عنصر می‌تواند در اختیار میوه قرار بگیرد. کمترین غلظت کلسیم میوه به‌ترتیب در تیمارهای T2 و T1 با مقادیر ۰/۰۸ و ۰/۱۰ درصد مشاهده گردید. بیشترین غلظت کلسیم میوه نیز در تیمار T4 به مقدار ۰/۳۴ درصد مشاهده شد که اختلاف بین بیشترین مقدار ثبت شده با کمترین مقادیر مشاهده شده به لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۱). افزایش مقدار کلسیم در نتیجه استفاده از سیلیسیم توسط یوسفی (Yousefi, 2016) در توت‌فرنگی گزارش شده است که نتایج این تحقیق با نتایج ایشان مطابقت دارد. تفاوت در مدل‌های دیواره سلولزی در نتیجه ته‌نشست سیلیسیم ممکن است عدم پراکنش محلول‌های آنیونی که کلسیم را جذب می‌کنند افزایش دهد، در نتیجه به نظر می‌رسد که باید میزان کلسیم در بافت گیاهی افزایش یابد (Epstein & Bloom, 2004). ارتباط بین کلسیم و سیلیسیم در تغذیه گیاهی نیازمند مطالعه و بررسی بیشتری می‌باشد.

جدول ۱- اثرات کاربرد سیلیسیم بر برخی صفات کیفی و غلظت عناصر غذایی میوه

Table 1- The effects of silicon application on some qualitative traits and nutient elements concentration in fruit

تیمارهای سیلیسیم Silicon Treatment	مواد جامد محلول (٪) TSS	اسیدیته (٪) TA	pH	قند کل (٪) Total Sugar	پتاسیم (٪) K	فسفر (٪) p	کلسیم (٪) Ca	آهن (ppm) Fe	روی (ppm) Zn
T1	63.69d	1.51a	6.69a	45.66a	1.06dc	0.126a	0.10dc	20.46a	12.36b
T2	64.05dc	1.38a	6.63a	43.86a	1.01dc	0.127a	0.08d	23.00a	13.41b
T3	67.78ab	1.65a	6.68a	41.67a	0.89d	0.133a	0.18b	19.66ab	14.13b
T4	64.84bcd	1.38a	6.65a	37.65a	1.40ab	0.128a	0.34a	18.83ab	20.76a
T5	70.07a	1.47a	6.46b	44.68a	1.21bc	0.138a	0.21b	15.70b	15.73ab
T6	68.59a	1.34a	6.57ab	41.16a	1.54a	0.133a	0.20b	21.46a	15.86ab
T7	67.05abc	1.42a	6.66a	42.48a	1.32ab	0.135a	0.16bc	23.10a	14.10b

میانگین‌هایی با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد براساس آزمون دانکن ندارند.

The means with common letters according to Duncan test are not significantly different in level 5%.

کمترین غلظت آهن میوه در تیمار T5 به مقدار ۱۵/۷۰ پی‌پی‌ام ثبت شد و بیشترین غلظت آن در تیمار T7 به مقدار ۲۳/۱۰ پی‌پی‌ام مشاهده شد که اختلاف آنان معنی‌دار بود (جدول ۱). پاولویک و همکاران (Pavlovic *et al*., 2013) بیان کردند که کاربرد سیلیسیم باعث افزایش جذب آهن در گیاه خیار گردید که نتایج این تحقیق با نتایج آنان مطابقت دارد. کاربرد سیلیسیم با تنظیم سطوح بیان ژن پروتئین‌ها و درنتیجه آن افزایش میزان تحرک آهن، باعث افزایش میزان جذب آهن می‌شود. گوتاردی و همکاران (Gottardi *et al*., 2014) افزایش بالای جذب آهن در گیاهان تیمار شده با سیلیسیم را به افزایش فعالیت و فراوانی رونوشت ژن FRO (Fe(III)-chelate reductase) نسبت دادند. کمترین غلظت روی میوه در تیمار T1 به مقدار ۱۲/۳۶ پی‌پی‌ام و بیشترین غلظت آن در تیمار T4 به مقدار ۲۰/۷۶ پی‌پی‌ام مشاهده شد (جدول ۱). میرزاخانی و همکاران (Mirzakhani *et al*., 2018) افزایش جذب روی در نتیجه کاربرد سیلیسیم را در گیاه چچم گزارش داد که نتایج این تحقیق با آن مطابقت دارد. افزایش غلظت روی احتمالا به علت تشکیل ترکیب‌های پیچیده محلول سیلیسیم با این عنصر و در نتیجه افزایش جذب آن باشد (Matichenkov *et al*., 2015). گزارش شده است که بیان ناقل‌های پرولین در شرایط تنش‌های غیرزیستی از جمله تنش شوری، یک نقش کلیدی برای تحمل شرایط تنشی ایفا می‌کند (Kishor *et al*., 2015). نشان داده شد که اثرات تخفیف‌دهنده تنش شوری ناشی از کاربرد سیلیسیم در نخل خرما تحت شرایط تنش شوری، در اثر فعال شدن ناقل‌های پرولین در راستای توزیع و پایداری مناسب آن به‌منظور مبارزه با اثرات کشنده شوری بوده است و کاربرد بیرونی سیلیسیم به شدت بیان Proline transporter 2 را فعال کرد (Khan *et al*., 2020). فکری و همکاران (Fekry *et al*., 2020) نیز بیان نمودند که سیلیسیم با افزایش جذب و انتقال آب و مواد غذایی، توسعه ریشه و بهبود سیستم آنتی‌اکسیدانی سبب افزایش تحمل درختان در شرایط تنشی از جمله تنش شوری می‌شود.

نتیجه‌گیری

در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان اظهار داشت که کاربرد محلول پاشی کود سیلیسیم دارای اثرات مشهودی بر ویژگی‌های کیفی و غلظت عناصر غذایی میوه خرما می‌باشد. کاربرد سیلیسیم و تأثیر آن بر ویژگی-های کیفی و غلظت عناصر غذایی، بستگی به غلظت و زمان کاربرد آن دارد. به استناد نتایج این پژوهش می‌توان محلول‌پاشی ۳ در هزار کود سیلیسیم در دو مرحله؛ مرحله اول سه هفته قبل از شروع گرده‌افشانی و مرحله دوم اواخر مرحله حبابوک را به عنوان یک گزینه مطلوب در نظر داشت. پیشنهاد می‌گردد که با توجه به نتایج این تحقیق استفاده از سایر منابع سیلیسیمی همانند سیلیکات پتاسیم نیز در سایر ارقام مهم و تجاری در دیگر مناطق خرماخیز کشور که با مشکل شوری مواجه هستند به‌طور جامع مورد بررسی قرار گیرد.

References

1. Agricultural Statistics. (2022). Volume 3: *Horticultural and greenhouse Products*. Tehran, Ministry of Jihad Agriculture, Vice President of Statistics, Information and Communication Technology Center. 307p. (In Persian)
2. Chapman, H.D., & Pratt, P.F. (1961). *Methods of analysis for soils, plants and waters*. University of California, Division of Agricultural Sciences, Los Angeles.

3. Cheraghi Dehdezi, S., & Hamdami, N. (2012). Effect of storage at different temperatures on moisture content, total soluble solids, acidity and pH of dates (Kabkab variety). *Journal Food Research*, *22*(2), 131-140. (In Persian with English abstract)
4. Cherif, M., & Belanger, R.R. (1992). Use of potassium silicate amendments in recirculating nutrient solutions to suppress *Pythium ultimum* on long English cucumber. *Plant Disease*, *76*(10), 1008-1011. https://doi.org/10.1016/0885-5765(92)90053-X
5. Epstein, E., & Bloom, A. (2004). *Mineral nutrition of plants: principle and perspectives*. Sinauer Associates Publish, Second Edition, 380p.
6. FAO. (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: https://www.fao.org/faostat/en/#data
7. Fekry, W.M.E., Rashad, M.A., & Alalaf, A.H. (2020). Attempts to improve the growth and fruiting of barhi date-palms under salinity stress. *Asian Journal of Plant Sciences*, *19*(2), 146-151. https://doi.org/10.3923/ajps.2020.146.151
8. Ghasemi, K., Ghajar Sepanlou, M., & Haddadinejad, M. (2019). Effect of silicon on nutrient concentration, photosynthetic pigments and fruit quality of strawberry cv. Camarosa. *Journal of Horticultural Plants Nutrition*, *2*(1), 85-98. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22070/hpn.2019.4607.1036
9. Gottardi, S., Iacuzzo, F., Tomasi, N., Cortella, G., Manzocco, L., Pinton, R., Romheld, V., Mimmoe, T., Scampicchio, M., Costa, L.D., & Cesco, S. (2014). Beneficial effects of silicon on hydroponically grown corn salad (*Valerianella locusta* (L.) Laterr) plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, *56*, 14-23. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.04.002
10. ISIRI. (2007). *Fruit juices – Test methods*. Institute of Standards and Industrial Research of IRAN, Iran National Standard, 2685,1st revision. (In Persian)
11. Jana, G.A., Al Kharusi, L., Sunkar, R., Al-Yahyai, R., & Yaish, M.W. (2019). Metabolomic analysis of date palm seedlings exposed to salinity and silicon treatments. *Plant Signaling & Behavior*, *14*(11), 1663112. https://doi.org/10.1080/15592324.2019.1663112
12. Khan, A., Bilal, S., Khan, A.L., Imran, M., Al-Harrasi, A., Al-Rawahi, A., & Lee, I. (2020). Silicon-mediated alleviation of combined salinity and cadmium stress in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) by regulating physio-hormonal alteration. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *188*, 1-11. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109885
13. Kishor, K.P.B., Kumari P.H., Sunita M.S., & Sreenivasulu, L. (2015). Role of proline in cell wall synthesis and plant development and its implications in plant ontogeny. *Frontiers in Plant Science*, *20*(6), 544. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00544
14. Liang, Y.C. (1999). Effects of silicon on enzyme activity and sodium , potassium and calcium concentration in barely undersalt stress. *Plant Physiology*, *29*, 217-224. https://doi.org/10.1023/A:1004526604913
15. Matichenkov, V.V., Bocharnikova, E.A., Pahnenko, E.P., Khomiakove, D.M., Matichenkov, I.V., Zhan, Q., & Wei, X. (2015). Reduction of Cd, Cu, Ni, and Pb mobility by active Si in a laboratory study. *Mine Water and the Environment*, *35*, 302–309. https://doi.org/10.1007/s10230-015-0353-5
16. Mirzakhani, M., Motesharezadeh, B., Mirseyed Hosseini, H., & Malmir, R. (2018). Effect of nano-silicon treatments on some physiological and nutritional responses of *Lolium perenne* in soils contaminated with heavy metals (Pb, Cd and Zn). *Iranian Journal of Horticultural Science*, *49*(2), 563-577. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/ijhs.2018.245896.1348
17. Mostaan, A., Latifian, M., Torahi, A., Amani, M., Mohebi, A., & Alihouri, M. (2017). *Technical guide for cultivation and harvesting date palm*. Publication of agricultural education. 282p. (In Persian)
18. Motamedzadegan, A., Porshayegan, M., Golkar, A., Maghsodi, S., & Bagheri, H. (2017). Effect of concentration on the physicochemical and rheological properties of grapefruit juice (*Citrus paradise*). *Food Processing and Preservation Journal*, *11*(1), 131-142. https://doi.org/10.22069/ejfpp.2019.11424.1361
19. Pavlovic, J., Samardzic, J., Maksimovic, V., Timotijevic, G., Stevic, N., Laursen, K.H., Hansen, T.H., Husted, S., Schjoerring, J.K., Liang, Y., & Nikolic, M. (2013). Silicon alleviates iron deficiency in cucumber by promoting mobilization of iron in the root apoplast. *New Phytologist*, *198*(4), 1096–1107. https://doi.org/10.1111/nph.12213
20. Qian, Q.Q., Zai, W.S., Zhu, Z.J., & Yu, J.Q. (2006). Effects of exogenous silicon on active oxygen scavenging systems in chloroplasts of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under salt stress. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, *32*(1), 107–112.
21. Sperling, O., Lazarovitch, N., Schwartz, A., & Shapira, O. (2014). Effects of high salinity irrigation on growth, gas-exchange, and photoprotection in date palms (*Phoenix dactylifera* L., cv. Medjool). *Environmental and Experimental Botany*, *99*, 100–109. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.10.014
22. Waling, I., Vark, W.V., Houba, V.J.G., & Van der Lee, J.J. (1989). *Soil and plant analysis, a series of syllabi. Part 7*. Plant analysis procedures. Wageningen Agriculture University, The Netherlands.

23. Yousefi, R. (2016). *The effect of micro- and nanoparticles of silicon dioxide on some morphological, physiological and biochemical characteristics of strawberry (Fragaria ananassa Duch.).* Ph.D. Thesis, Bu-Ali Sina University. (In Persian with English abstract)